

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-177841

(43)Date of publication of application : 01.08.1991

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 01-315145

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 06.12.1989

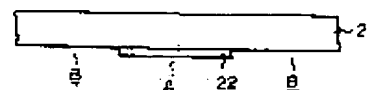
(72)Inventor : JINBO HIDEYUKI
KAWAZU YOSHIYUKI
YAMASHITA YOSHIO

(54) PHOTOMASK FOR NEGATIVE TYPE RESIST

(57)Abstract:

PURPOSE: To improve the resolving power by providing a phase shifting layer which makes a 180° phase shift at a specific part of the light transmission part of the photomask.

CONSTITUTION: The phase shifting layer 22 which makes the 180° phase shift is provided at the specific part of the light transmission part of the photomask 21, or a light shield pattern is formed at the light shield part A of the photomask 21 together with the phase shifting layer 22 which makes the 180° phase shift at the periphery of the light shield pattern 23. In the former case, light passed through the layer 22 is inverted in phase by shifting in phase to has amplitude interference with light passed through the light transmission part B and the light intensity below the layer 22 decreases. In the latter case, on the other hand, the amplitude of the light passed through the layer 22 arranged at the periphery of the light shield pattern 23 is inverted by shifting the phase to interfere with the amplitude of the light below the pattern 23, and the light intensity below the phase shifting layer decreases. Consequently, the resolving power and focus margin are improved.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the
examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of extinction of right]

⑫ 公開特許公報(A) 平3-177841

⑤ Int. Cl.⁵G 03 F 1/08
H 01 L 21/027

識別記号

A

庁内整理番号

7428-2H

⑬ 公開 平成3年(1991)8月1日

2104-5F H 01 L 21/30 3 0 1 P

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全10頁)

⑭ 発明の名称 ネガ型レジスト用ホトマスク

⑮ 特 願 平1-315145

⑯ 出 願 平1(1989)12月6日

⑰ 発 明 者 神 保 秀 之 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
 ⑱ 発 明 者 河 津 佳 幸 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
 ⑲ 発 明 者 山 下 吉 雄 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
 ⑳ 出 願 人 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号
 ㉑ 代 理 人 弁理士 鈴木 敏 明

明 細 書

1. 発明の名称

ネガ型レジスト用ホトマスク

2. 特許請求の範囲

1. ホトマスクの光透過部の所定部に位相を180度ずらす位相シフト層を有することを特徴とするネガ型レジスト用ホトマスク。

2. ホトマスクの透光部に形成される透光パターンと、

前記透光パターンの周囲に形成される位相を180度ずらす位相シフト層とから成ることを特徴とするネガ型レジスト用ホトマスク。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、投影露光法によるホトリソグラフィ技術で用いられるネガ型レジスト用ホトマスクに関する。

(従来技術)

近年、投影露光によるホトリソグラフィ技術の分野において、半導体装置の高集積化に応じた微

細なレジストパターンを形成できる技術の確立を、目指した研究が、綿力的に行われている。注目されている技術として位相シフト法があり、文献として、"アイーイーイーイー(IEEE TRANS ON ELECTRON DEVICES ED-29(12)1982,P1826)"がある。

この位相シフト法とは、ホトマスクの一部に位相シフト層を設け、ホトマスクを通過した光の一部の位相を、この位相シフト層によってずらして投影露光法における解像力を向上させようとするものである。

以下、この原理につき簡単に説明する。第9図(A)～(D)は光透過部11aを具える通常のホトマスク11を用いた同知の投影露光の様子を示した図、第10図(A)～(D)はホトマスク11の光透過部のうちの所定の光透過部に位相を180度ずらす位相シフト層11bを具えたホトマスク11を用いた位相シフト法による投影露光の様子を示した図である。なお、両図において11cはクロム膜等から成る透光部である。

位相シフト層が無い第9図(A)に示すようなホトマスクを用いた場合、ホトマスクのどの光透過部を透過した光も電場の向きは同じになる(第9図(B))。従って、光の回折の影響を受けるような解像限界に近いレジストパターンを形成しようとした場合は隣接する光透過部をそれぞれ通過した各光の電場はウエハ面上で重なり合うため(第9図(C))ウエハ面の光露光部と光透過部とに対応する部分各々での光強度のコントラストが小さくなってしまふ(第9図(D))。

一方、位相シフト層11bを有する第10図(A)に示すようなホトマスクを用いた場合、位相シフト層を設けた光透過部を透過した光の電場の向きは、位相シフト層がない場合に比し180度変えられる(第10図(B))。従って、隣接する光透過部の一方に位相シフト層を設けるようにしておけばこれら光透過部が解像限界近くまで隣接していても、これら光透過部を各々通過した光の電場が重なり同光透過部間の中間付近の電場が0となる(第10図(C))。この結果、上記コン

ラストが大きく出来るので(第10図(D))、この位相シフト法によれば投影露光法における解像力の向上が図れる。上記文献によれば、位相シフト法はライン・アンドスペース(L&S)パターンのような周期的なパターンを形成する際に有効であると云う。

これに対し、位相シフト法をスペースパターンやホールパターン等のような、周囲からは孤立しているパターン(以下、孤立のパターンと称する。)の形成に適用しようとする試みが、例えば文献(第49回応用物理学会学術講演会予稿集第2冊分p.497講演番号4a-K-7)に開示されている。

この文献では、ポジ型レジストを用いての孤立のパターンの形成が試みられている。第11図(A)及び(B)は、これに用いたホトマスクの一部を概略的に示した平面図である。

この文献に開示されている技術によれば、スペースパターンを作製する場合には、第11図(A)に示すような、スペースに対応する開口部21

と、このスペース用開口部21の両側にこれと隣接させて設けられ単独ではレジストを解像しないような面積の光透過部23a、23bと、この光透過部23a、23b上に各々設けられ露光の光の位相を180度シフトさせる薄膜(図示せず)とを具えるホトマスク25が用いられていた。また、ホールパターンを作製する場合には、第11図(B)に示すような、ホールに対応する開口部31と、このホール用開口部31の四辺の近傍に各々設けられ単独ではレジストを解像しないような面積の光透過部33a、33b、33c、33dと、これらの光透過部上に各々設けられた露光光の位相を180度シフトさせる薄膜(図示せず)とを具えるホトマスク35が用いられていた。

上述のホトマスク25或いはホトマスク35によれば、いずれの場合もパターンエッジ部の光強度分布が急峻になるので、解像力が向上すると云う。

(発明が解決しようとする課題)

しかしながら、上述した従来のポジ型レジスト用ホトマスクは解像限界に近い微細なスペースパターンやホールパターンを形成しようとする、光強度が落ちると共に、光強度がなまり、設計通りの寸法にパターンを仕上げるのが難しくなる。また上記理由により、パターンの側面がウエハ表面に対し、垂直にならない。

これに対して、ネガ型レジスト用ホトマスクは、露光する部分がパターンの外側となり、光強度の減少という問題が生じない。

従って、本発明の目的は、位相シフト法が適用できかつ、解像力及びフォーカスマージンの向上を図ることのできるネガ型レジスト用のホトマスクを提供することにある。

(課題を解決するための手段)

この目的の達成を図るため、

本発明のネガ型レジスト用ホトマスクは、

①ホトマスクの光透過部の所定部に位相を180度ずらす位相シフト層を設ける。

また、②ホトマスクの露光部に形成される露光

パターンと、その透光パターンの周囲に位相を180度ずらす位相シフト層を設ける、ということを特徴とする。

(作用)

本発明のネガ型レジスト用ホトマスクは、①ホトマスクの光透過部の所定部に位相を180度ずらす位相シフト層を設けるようにしたため、この位相シフト層を通った光は、その光の振幅を位相をずらすことによって反転させ、光透過部を通った光の振幅と干渉し合い、位相シフト層下部の光強度は下がる。また、②ホトマスクの透光部に形成される透光パターンと、その透光パターンの周囲に位相を180度ずらす位相シフト層を設けるようにしたため、透光パターンの周囲に配置した位相シフト層を通った光の振幅を位相をずらすことによって反転させ、透光パターン下の光の振幅を干渉し合い、位相シフト層下部の光強度は下がる。

(実施例)

以下、図面を参照して、この発明の実施例につ

いて説明する。尚、以下の実施例で参照する図面は、この発明の理解が容易となる程度に概略的に示してあるに過ぎず、この発明は、これらの図示例にのみ限定されるものではないことを理解されたい。

<第1の実施例>

本発明の第1の実施例は、投影露光法によるホトリソグラフィ技術で用いられるネガ型レジスト用のホトマスクにおいて、一般的なCrパターンの代わりに光の位相をずらす障膜(以下、シフタと略す。)例えば、 SiO_2 、 Si_3N_4 、等で形成することを特徴とする。なお、ここでいうホトマスクとは、レチクルを含むものとする。

以下、第1～第5図を用いて本発明の第1の実施例について説明する。

第2図は、一般的なCrパターン23で、特に解像限界に近い透光パターン23における、ウェハ上の電場特性と光強度特性を示したものである。第2図(C)に示すように、光の回折によりCrパターン23下の光強度が上がっている。なお、第2

図では、Aが透光部、Bが光透過部となる。

また、第3図は、第2図の透光部Aと光透過部Bの位置が逆になっているパターンにおける、ウェハ上の電場特性と光強度特性を示している。ここでは、光の回折により、透過部BFの光強度が上がっていることがわかる。

本発明は、第3図に示す光の位相を反転させて、第2図で示す光に干渉させるものである。第1図(a)が本発明のネガ型レジスト用のホトマスクである。このホトマスクを用いると、シフタ22を通った光は、その光の振幅と位相をずらすことによって反転させ、それ以外の部分Bの光の振幅に干渉し合い、シフタ22下部の光強度を下げる。従って、シフタ22下部のウェハ上のレジスト(図示せず)は、感光されないため、パターン形成が可能となる。この結果、第1図(c)に示すような良好な光強度分布が得られ微細パターンが解像する。

本発明の実施に当たり、シフタの膜厚は、以下の式(1)を満足するように設定する。

$$d = \frac{\lambda}{2(n-1)} \quad \dots (1)$$

式(1)で、dは、シフタの膜厚、 λ は露光波長、そして、nは、シフタの露光波長での屈折率を示す。

さらに、シフタの巾が広い場合は、その以外の部分Bからの光は、シフタ22下で零となり、シフタ22を透過した光は干渉していないそれ自身の光強度を持つため、シフタ23下部で光強度が大きくなるので本発明の第1の実施例の効果はなくなる。

従って、本発明の実施に当たり、シフタ23の寸法Wを決める際、式(2)中のkにおいて、スベースパターンの場合、 $k=0.5$ 以下、ホールパターンの場合、 $k=0.6$ 以下とすることが適当である。

$$W = k \frac{\lambda}{NA} \quad \dots (2)$$

但し、Wは、シフタ23の寸法、 λ は、露光波長、そしてNAは開口数を示す。

次に、スペースパターン、ホールパターンを形成する際の、ネガ型用ホトマスクを図で各々を示す。

第4図は、本発明の第1の実施例のスペースパターン用のネガ型レジスト用ホトマスクである。第4図(a)が断面図で、第4図(b)が表面から見た平面図である。

第5図は、本発明の第1の実施例のホールパターン用のネガ型レジスト用ホトマスクである。第5図(a)が断面図で、第5図(b)が表面から見た平面図である。

a. ホトマスク(レクチル)の試作工程

先ず、レクチルアライメントマークを備えた5インチ角(127mm)厚さ2.3mm)石英基板上にシフトとなる電子線用レジストOEBR-100(東京応化)を3,000rpmでスピンコーティングし、それを電子線露光装置により描画露光した。

次に、これを専用現像液で現像し、ポストベークを行った。このときのレジストの残膜は3,000Åであった。

で、解像した。また同じ露光量でレクチル上の2.5 μ m幅のパターンは、Si基板上で0.25 μ mに仕上がりに、このパターンは、フォーカスレンジ1.8 μ mに渡って解像した。

②ホールパターン

露光量が、140mJ/cm²の場合は、レクチル上の3.0 μ m幅のパターンは、Si基板上に、0.3 μ m幅のホールパターンとなって解像し、このパターンは、フォーカスレンジ1.2 μ mに渡って解像した。

③従来のCrパターン

次に、比較のため、一般的なCrパターンをもつレクチルを使用して同様の実験を行った。

レクチル上の2.5 μ m幅のCrによるスペースパターンは、Si基板上に0.25 μ mに形成できる露光量及びフォーカスレンジは見つからなかった。ポストフォーカスレンジと考えられる点でも露光量180mJ/cm²では、パターンが全く解像せず、150mJ/cm²では0.3 μ mに仕上がっていた。レクチル上の3 μ m幅のCrパターンは、180mJ/cm²

b. パターニング実験

上述の工程により作成されたレクチルを、NA 0.42 1/10縮小のi線ステッパを用いてパターニングの実験を行った。

先ず、3インチのSi基板上に高解像度ネガ型レジストLNR-UV(富士薬品)を1.0 μ m厚にスピンコーティングで形成し、それからホットプレート上で、70℃×1分でベーク処理を行った。

次に、レクチル及びSi基板をステッパにセットし、露光量とフォーカスをそれぞれ独立に変えて露光し、それから、ウエハをホットプレート上で110℃×1分のベーク処理を行い、LNR-UV専用現像液により現像した。

その後、SEM(Scanning electron microscope)を使かって、寸法測定、観察を行った。

①スペースパターン

露光量が20.0mJ/cm²の場合は、レクチル上の2 μ m幅のシフトパターンがSi基板上で0.2 μ m幅のスペースに仕上がっていた。そして、このパターンは、フォーカスレンジ1.5 μ mに渡っ

の時に0.3 μ mに仕上がっていたが、このパターンが解像するフォーカスレンジは0.6 μ mであった。また、レクチル上のホールパターン用の3 μ m幅のCrパターンは、全く解像しなかった。

上述の結果から、本発明のネガ型レジスト用のホトマスクは、Si基板上に微細なスペース及びホールパターンを形成できると共にフォーカスマージンも改善できる。

<第2の実施例>

本発明の第2の実施例は、第1の実施例の応用例として、ネガ型レジスト用のホトマスクにおいて、解像限界以下の露光パターンをホトマスク上でCrパターンとその周囲に設けるシフトから形成されることを特徴とする。

以下、第6～第8図を用いて本発明の第2の実施例について説明する。

第6図は、本発明の第2の実施例のスペースパターン用のホトマスクの説明図である。通常のホトマスクでは、W₂の全幅にCr等光を透過しない

パターンが形成されている。 W_2 の幅のCrのラインはステッパの縮小率を m (1/5, 1/10等)として、ウエハ上に幅 mW_2 で転写される。本実施例のパターンでは、幅 W_2 のラインパターンが、幅 W_1 のCrパターンとその両側のシフトパターンで形成される。

第7図は、本発明の第2の実施例のホールパターン用のホトマスクの説明図である。通常のホトマスクでは、 W_1 の全域にCr等のパターンが形成されていて、ウエハ上に mW_1 のホールパターンを転写する。本実施例のパターンでは、この W_1 のホールパターンが W_2 のCrパターンと、その両側のシフトパターンで形成される。

なお、シフトの材料は、第1の実施例と同様に SiO_2 膜、 Si_3N_4 膜等が挙げられる。

a. ホトマスク(レクチル)の試作工程

試作に当たり、第6図、第7図に概略的に示したスペースパターン、ホールパターンを寸法(W_1 , W_2 , w_2 及び W_4)を変えて、レクチルを試作した。表-1, 2にその寸法を示す。

表-2

ホールパターンの W_2 , W_4	
W_2 [μm]	W_4 [μm]
1.0	3.0
1.0	4.0
1.0	5.0
1.5	3.0
1.5	4.0
1.5	5.0
2.0	3.0
2.0	4.0
2.0	5.0
3.0	4.0
3.0	5.0
4.0	5.0

表-1

スペースパターンの W_1 , W_2	
W_1 [μm]	W_2 [μm]
1.0	2.0
1.0	2.5
1.0	3.0
1.5	2.5
1.5	3.0
2.0	3.0

本試作では、シフトをネガ型の電子線用レジストOEBR-100(東京応化)で膜厚3000Åで形成した。この膜厚は後述するパターンニング実験に用いたi線の露光で露光波長の位相を180°ずらす条件を満たしている。また、本試作では、第6図(b)、第7図(b)に示すようにCrパターンをシフトで全て覆うようなパターンとしたが、第6図(c)、第7図(c)のように形成しても問題はない。

試作手順として、先ず通常の工程により石英基板上にCrパターンを得る。このときシフトパターン形成時のためアライメントマークを作っておく。

次に、Crパターン部にネガ型レジストを膜厚5500Åとなるように3000rpmでスピンコーティングしCADにより作成したデータを基に電子線露光装置により、レジストに対し描画を行う。次にこれを現像し、ポストバーク処理を行う。このときレジストの残膜は3000Åであった。

b. パターンニング実験

上述の工程により、作成されたレチクルを、NA 0.42 1/10縮小の1線ステップを用いてパターンニング実験を行った。

まず、3インチSi基板上に高解像度ネガ型レジストLNR-UV(富士薬品)を1.0 μm 厚にスピコーティングで形成し、ホットプレート上で70℃×1分のベーク処理を行った。

次に、レチクル及びSi基板をステップにセットし、露光量とフォーカスをそれぞれ独立に変えて露光し、それから、Si基板をホットプレート上で110℃×1分のベーク処理を行い、LNR-UV専用現像液により現像した。

その後、SEMを使かって寸法測定及び観察を行った。

①スペースパターン

露光量180 mJ/cm^2 の場合は、レチクル上の $W_1 = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $W_2 = 2.5 \mu\text{m}$ のパターンがSi基板上で0.25 μm に仕上がっていた。そしてこのパターンはフォーカスレンジ1.5 μm に渡って解像した。また同じ露光量で $W_1 = 1.5 \mu\text{m}$ 、

180 mJ/cm^2 の時に0.3 μm に仕上がっていたが、このパターンが解像するフォーカスレンジは0.6 μm であった。

また、レチクル上のホールパターン用の3 μm 口のCrパターンは全く解像しなかった。

上述の結果から本発明の第2の実施例のネガ形レジスト用のホトマスクは、解像が、フォーカスマージンの向上に効果があるといえる。

理由について以下に述べる。

従来のネガ型用ホトマスクを用いた場合、解像限界に近い寸法のパターンになると、ウエハ面での光強度が回折などにより遮光されるべきCrパターン下部であっても、パターン形成に支障を与える程度の光強度をもってしまふようになる。(第2図参照)この回折によりもれた光によって、レジストは露光され、現像液に不溶化し、所望するパターンが得られなくなる。一方解像限界の1/2～1/4程度の透過パターンであっても第3図に示す程度の光強度をもつ。このもれた光とは、本発明の第2の実施例のホトマスクのパターンに

$W_1 = 3.0 \mu\text{m}$ のスペースパターンは、Si基板上で0.3 μm に仕上がり、このパターンはフォーカスレンジ2.0 μm に渡って解像した。 $W_1 = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $W_2 = 3.0 \mu\text{m}$ のパターンは、フォーカスレンジ2.4 μm に渡って解像した。

②ホールパターン

露光量が140 mJ/cm^2 の場合は、レチクル上で $W_1 = 1.0 \mu\text{m}$ 、 $W_2 = 3.0 \mu\text{m}$ のパターンが0.3 μm に仕上がり、このパターンはフォーカスレンジ1.2 μm に渡って解像した。

③従来のCrパターン

次に、比較のため、一般的なCrパターンのみをもつレチクルを使用して同様の実験を行った。

レチクル上の2.5 μm 幅のCrによるスペースパターンは、Si基板上に0.25 μm に形成できる露光量及びフォーカスレンジは見つからなかった。ベストフォーカスレンジと考えられる点でも露光量180 mJ/cm^2 では、パターンが全く解像せず150 mJ/cm^2 では0.3 μm に仕上がっていた。レチクル上の3 μm の幅のCrパターンは露光量

において、Crの外側に配置したシフト部からの光に相当する。(第6図(b),(c)参照)この光の振幅を位相をずらすことによって反転させCrによる光振幅に合成すると第8図に示すように、パターン部の下部で光強度が小さい良好な光強度分布が得られる。従って、本発明の第2の実施例のホトマスクは、解像が、フォーカスマージンの向上に効果があるといえる。

(発明の効果)

上述した説明からも明らかなように本発明のネガ型レジスト用ホトマスクは、

①ホトマスクの光透過部の所定部に位相を180度ずらす位相シフト層を設ける。

または、②ホトマスクの遮光部に形成される遮光パターンと、その遮光パターンの周囲に位相を180度ずらす位相シフト層を設ける。というようにしたので、位相シフト層下の光強度を下げるができる。従って、ウエハ上で光コントラストが大きくなり、通常の解像限界を超える微細なパターンを形成することができ、またそれに応じ

てフォーカスマージンも改善できる。

4. 図面の簡単な説明

第1図(A)～(C)から第3図(A)～(C)は本発明の第1の実施例の説明図。

第4図(A)及び(B)は、第1の実施例のスペースパターン用のホトマスクの説明図。

第5図(A)及び(B)は、第1の実施例のホールパターン用のホトマスクの説明図。

第6図(A)～(C)は、第2の実施例のスペースパターン用のホトマスクの説明図。

第7図(A)～(C)は、第2の実施例のホールパターン用のホトマスクの説明図。

第8図(A)～(C)は、本発明の第2の実施例の説明図。

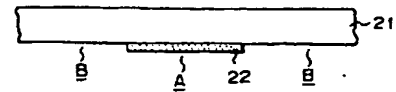
第9図(A)～(D)、第10図(A)～(D)及び第11図(A)、(B)は、従来技術の説明に供する図。

21…ホトマスク。

22…シフト。

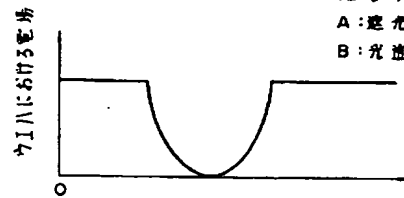
23…Crパターン。

(A)

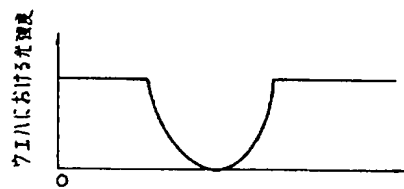


21:ホトマスク
22:シフト
A:遮光部
B:光透過部

(B)



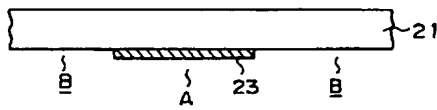
(C)



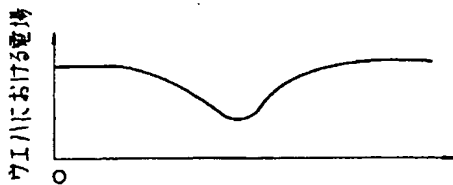
本発明の第1の実施例の説明図

第1図

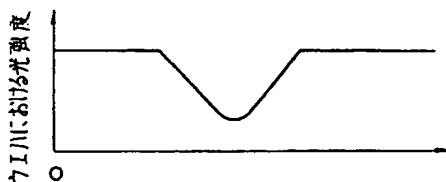
(A)



(B)



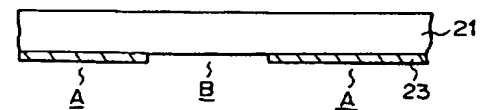
(C)



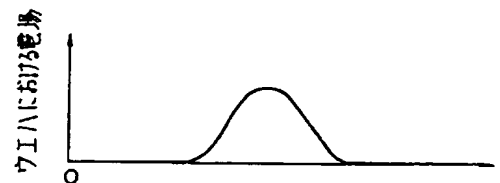
本発明の第1の実施例の説明図

第2図

(A)



(B)

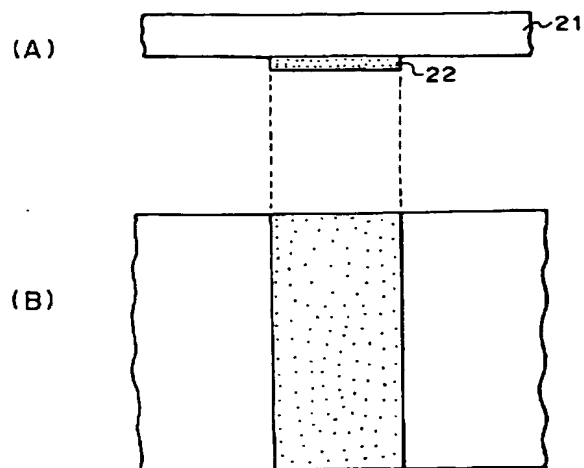


(C)



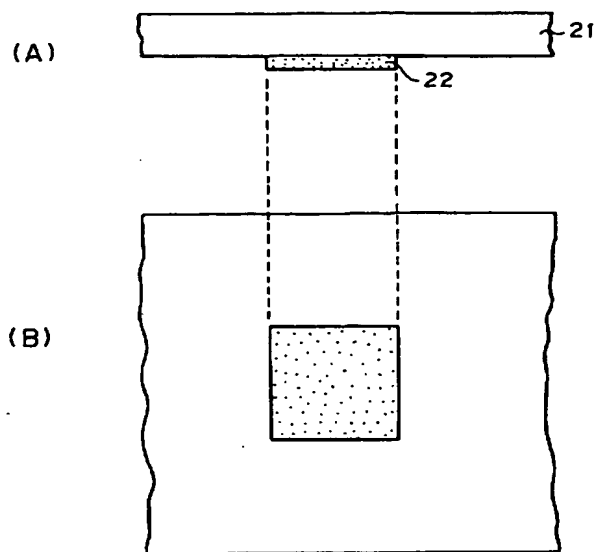
本発明の第1の実施例の説明図

第3図



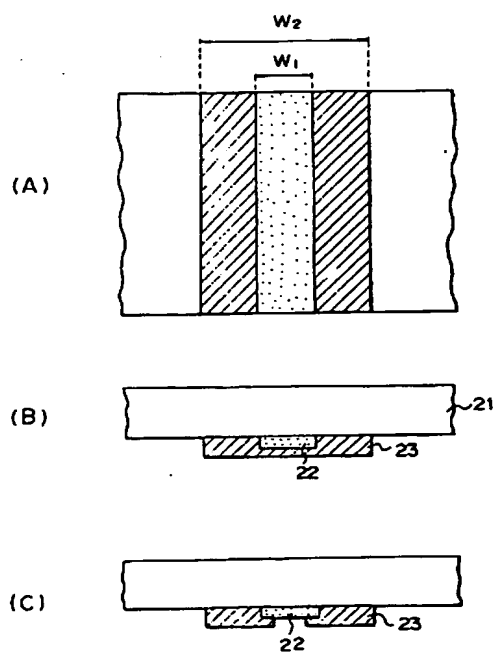
第1の実施例のスペースパターン用のホトマスクの説明図

第4図



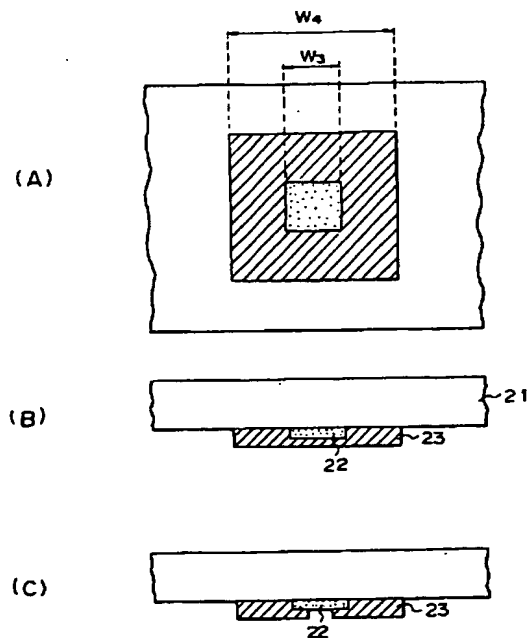
第1の実施例のホールパターン用のホトマスクの説明図

第5図



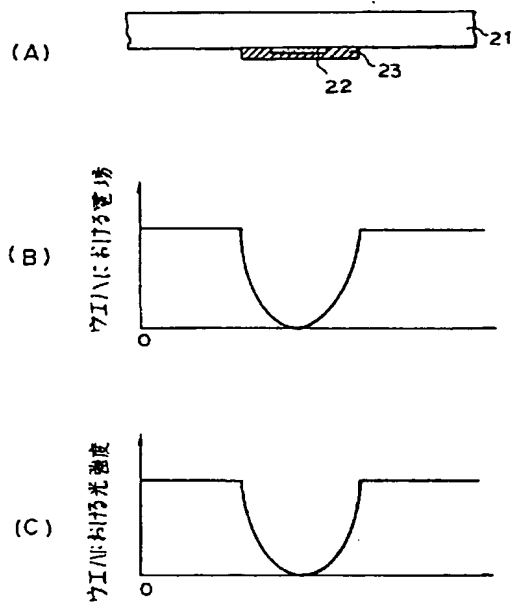
第2の実施例のスペースパターン用のホトマスクの説明図

第6図



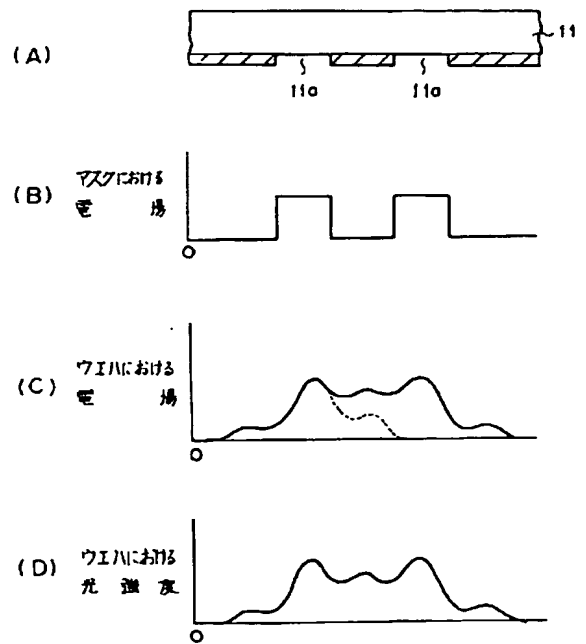
第2の実施例のホールパターン用のホトマスクの説明図

第7図



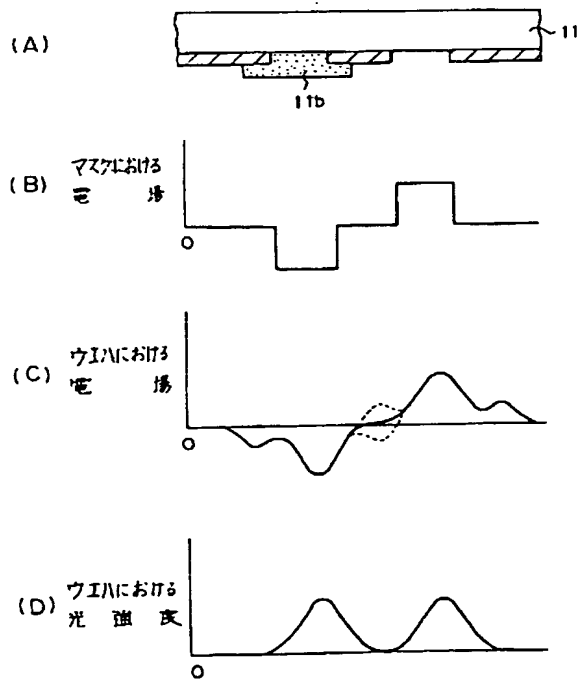
本発明の第2の実施例の説明図

第8図



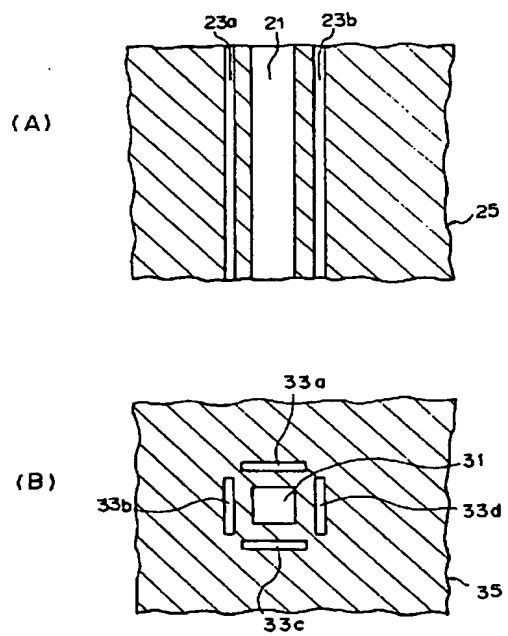
従来技術の説明に供する図

第9図



従来技術の説明に供する図

第10図



従来技術の説明に供する図

第11図

特開平3-177841(10)

手続補正書(自発)

平成 年 2.3.23 日

特許庁長官 殿

6. 補正の内容

- (1) 明細書第9頁第4行目から第6行目に「こ
こでは、……ことがわかる。」とあるのを削
除する。

1. 事件の表示

平成 1 年 特 許 願第 315145 号

2. 発明の名称

ネガ型レジスト用ホトマスク

3. 補正をする者

事件との関係

特 許 出 願 人

住 所(〒105) 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

名 称(029) 沖電気工業株式会社

代表者 取締役社長 小 杉 信 光

4. 代 理 人

住 所(〒108) 東京都港区芝浦4丁目10番3号

氏 名(6892) 沖電気工業株式会社内

弁理士 鈴木 敏 明

電 話 (454) 2111 大代表

5. 補正の対象 明細書中「発明の詳細な説明」の欄

6. 補正の内容 別紙の通り

方式 査 閱

